

*М. В. Майсурадзе, М. А. Рыжков, Ю. В. Юдин, Е. А. Мирошниченко*  
УрФУ им. первого Президента России Б.Н. Ельцина,  
г. Екатеринбург  
20983@rambler.ru

## **ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ НАГРЕВА НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СТАЛИ 50ХМФА**

Исследована микроструктура высокопрочной стали 50ХМФА после охлаждения на воздухе от температуры 850...1100 °С. Установлено, что при нагреве выше 1000 °С происходит рост зерна вследствие растворения специальных карбидов ванадия. Определена оптимальная температура нагрева стали под закалку.

*Ключевые слова:* сталь 50ХМФА; термическая обработка; охлаждение; микроструктура; твердость; бейнит; мартенсит.

The microstructure of high strength steel 50KhMFA after cooling in air from temperature 850...1100 °C is studied. Heating over 1000 °C leads to the grain growth due to the dissolution of the vanadium carbide particles. The optimal heating temperature for the studied steel is found.

*Keywords:* steel 50KhMFA; heat treatment; cooling; microstructure; hardness; bainite; martensite.

Проведено исследование влияния температуры нагрева под закалку на структуру и твердость стали 50ХМФА, используемой в авиакосмической и машиностроительной отраслях промышленности для производства ответственных высокопрочных деталей. Сталь содержит: 0,5 % С; 1,0 % Cr; 0,9 % Мо; 0,45 % Ni; 0,12 % V; 0,8 % Mn; 0,25 % Si; < 0,15 % P, S.

Нагрев образцов стали 50ХМФА производился в температурном интервале 850...1100 °С, время выдержки составляло 40 мин., охлаждение производилось на воздухе. При охлаждении исследуемой стали на воздухе от различных температур наблюдается смешанная бейнитно-мартенситная микроструктура (рис. 1).

При температуре нагрева ниже 1000 °С бейнит выделяется в виде мелких пластин (5...10 мкм). При повышении температуры нагрева выше 1000 °С пластины бейнита увеличиваются в размере до 100...200 мкм, что связано с растворением специальных карбидов и карбидов ванадия, сдерживающих рост аустенитного зерна при нагреве [1].

Проведено измерение твердости образцов стали 50ХМФА после охлаждения от разных температур (рис. 2). С повышением температуры нагрева стали от 850 до 950 °С твердость увеличивается от 53 до 57 HRC,

что связано с более полным растворением карбидной фазы при нагреве. В результате аустенит в большей степени обогащается углеродом.

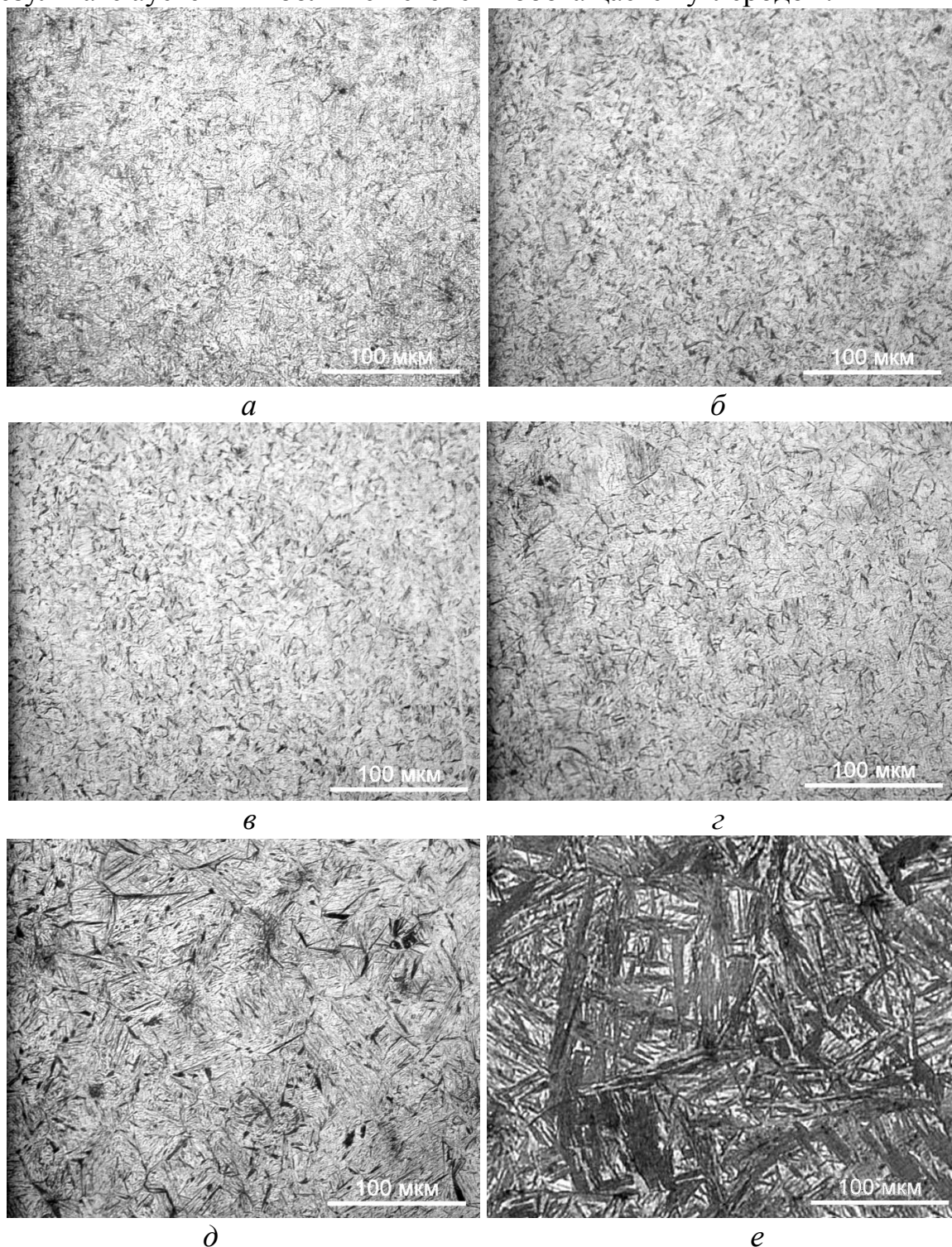


Рис. 1. Микроструктура стали 50ХМФА после нагрева до 850 °С (а), 900 °С (б), 950 °С (в), 1000 °С (г), 1050 °С (д), 1100 °С (е) с последующим охлаждением на воздухе

При повышении температуры нагрева выше 950 °С твердость стали уменьшается и при охлаждении от 1100 °С принимает значение 47 HRC.

Это объясняется увеличением объемной доли бейнита в структуре стали. Понижение устойчивости стали и увеличение количества бейнита в структуре может быть связано с более высоким теплосодержанием образца, вследствие чего при последующем охлаждении на спокойном воздухе существенно уменьшается скорость охлаждения.

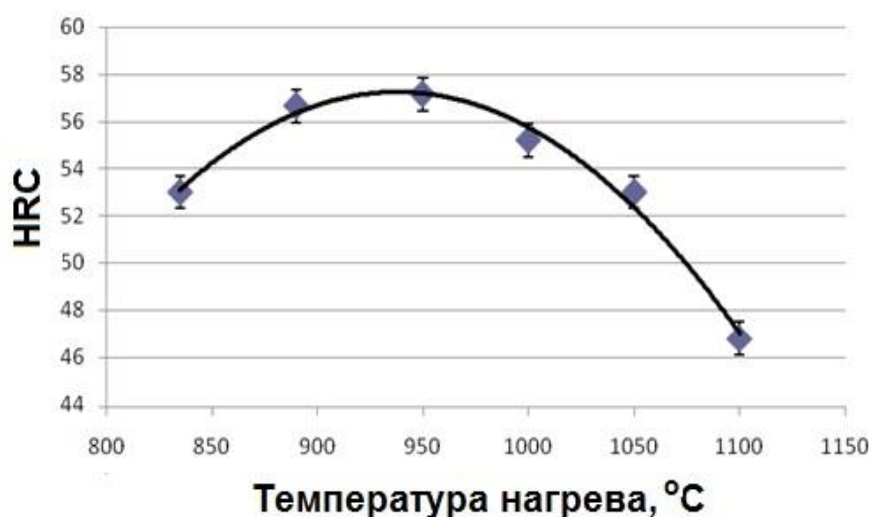


Рис. 2. График зависимости твердости образцов из стали 50ХМФА от температуры нагрева

Исходя из полученных результатов, оптимальной температурой нагрева под закалку стали 50ХМФА можно считать температуру 950 °C, при которой достигается наиболее оптимальное соотношение структурных составляющих (мартенсита и бейнита), что обеспечивает максимальную прочность стали.

#### Список литературы

1. *Артингер И.* Инструментальные стали и их термическая обработка / И. Артингер. М.: Металлургия, 1982. 312 с.